

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

06.10.03

Rec'd PCT/PTO

25 MAR 2005

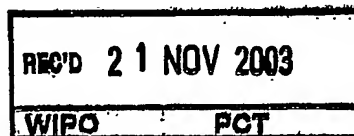
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年10月 8日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-294676  
[ST. 10/C]: [JP2002-294676]

出 願 人  
Applicant(s): キヤノン株式会社

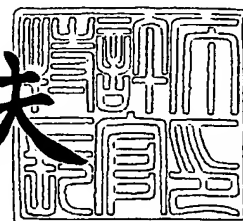


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4762076

【提出日】 平成14年10月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 33/14

【発明の名称】 多色発光素子

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 三浦 聖志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 水谷 英正

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 近藤 茂樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 森山 孝志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 伏見 正弘

## 【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100096828

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡辺 敬介

【電話番号】 03-3501-2138

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100059410

【弁理士】

【氏名又は名称】 豊田 善雄

【電話番号】 03-3501-2138

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110870

【弁理士】

【氏名又は名称】 山口 芳広

【電話番号】 03-3501-2138

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004938

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101029

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多色発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第一電極と第二電極との間に発光層を含む有機化合物層を有する有機エレクトロルミネセンス素子を複数備え、

前記複数の有機エレクトロルミネセンス素子は、二色以上の異なる発光スペクトルを有するものを含み、

異なる発光スペクトルを有する有機エレクトロルミネセンス素子の発光層内での発光領域が、前記異なる発光スペクトルに対応して膜厚方向で異なる位置にあることを特徴とする多色発光素子。

【請求項 2】 前記有機化合物層は、少なくとも、第一電荷輸送層と第二電荷輸送層とで発光層を挟む積層構造をなしていることを特徴とする請求項 1 に記載の多色発光素子。

【請求項 3】 前記第一電極は光を反射する反射電極であり、

前記第二電極は透明電極であり、

前記第一電荷輸送層が、発光層の前記第一電極側に位置していることを特徴とする請求項 2 に記載の多色発光素子。

【請求項 4】 異なる二色の発光のうち、短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層内での発光領域の位置が、長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層内での発光領域の位置と比べて、第一電極側に近いことを特徴とする請求項 3 に記載の多色発光素子。

【請求項 5】 異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であり、

前記第二電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であることを特徴

とする請求項 3 又は 4 に記載の多色発光素子。

【請求項 6】 異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であり、

前記第二電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の多色発光素子。

【請求項 7】 発光層の膜厚が 10 ～ 35 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 2 から 6 のいずれかに記載の多色発光素子。

【請求項 8】 前記第一電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であることを特徴とする請求項 2 から 7 のいずれかに記載の多色発光素子。

【請求項 9】 前記第二電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であることを特徴とする請求項 2 から 8 のいずれかに記載の多色発光素子。

【請求項 10】 前記第一電極は光を反射する反射電極であり、

前記第二電極は透明電極であり、

前記有機化合物層は、第一電荷輸送層を含み、該第一電荷輸送層は発光層の前記第一電極側に位置していることを特徴とする請求項 1 に記載の多色発光素子。

【請求項 11】 異なる二色の発光のうち、短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層内での発光領域の位置が、長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層内での発光領域の位置と比べて、第一電極側に近いことを特徴とする請求項 10 に記載の多色発光素子。

【請求項 12】 異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の多色発光素子。

【請求項 13】 異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の多色発光素子。

【請求項 14】 発光層の膜厚が 10 ～ 35 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 10 から 13 のいずれかに記載の多色発光素子。

【請求項 15】 前記第一電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であることを特徴とする請求項 10 から 14 のいずれかに記載の多色発光素子。

【請求項 16】 前記二色以上の異なる発光スペクトルが、赤色、緑色、青色を呈する発光スペクトルであることを特徴とする請求項 1 から 15 のいずれかに記載の多色発光素子。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明はフラットパネルディスプレイ、プロジェクションディスプレイ、プリンター等に用いられる多色発光素子に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、フラットパネル対応の自発光型デバイスが注目されている。自発光型デバイスとしては、プラズマ発光表示素子、フィールドエミッション素子、エレクトロルミネセンス (EL) 素子等がある。

## 【0003】

この中で、特に、有機EL素子に関しては、1987年にT. W. Tangらにより蛍光性金属キレート錯体とジアミン系分子の薄膜を積層した構造を利用して、低電圧DC駆動で高輝度な発光が得られることが実証され、研究開発が精力的に進められている。これら低分子系の有機EL素子においては、緑単色や、青、赤等の色を加えたエリアカラータイプのディスプレイが製品化され、現在はフルカラー化への開発が活発化している。

## 【0004】

有機EL素子は、発光層に到達した電子と正孔が再結合する際に生じる発光を利用した、キャリア注入型の自発光デバイスである。図1は一般的な有機EL素子の構成である。陰極11には金属電極、発光した光を取り出すために陽極14には透明電極を用いる。両電極間に有機化合物層が挟持されており、図1においては有機化合物層が発光層12と正孔輸送層13とから構成されている。

## 【0005】

有機化合物層を構成する各有機層は数十nm程度の膜厚が一般的である。一般に陰極の金属材料としては、アルミニウムやアルミニウム・リチウムの合金、マグネシウム・銀の合金など仕事関数の小さな金属が用いられる。また、陽極にはインジウム錫酸化物（ITO）等の仕事関数の大きな透明導電性材料が用いられる。

## 【0006】

有機化合物層は図1のような発光層12と正孔輸送層13からなる2層構造、あるいは、図2のような電子輸送層22、発光層23、正孔輸送層24の3層からなる構造が一般的である。ここで、正孔輸送層は陽極からの正孔を効率よく発光層に注入させるため、また、電子輸送層は陰極からの電子を効率よく発光層に注入させる機能を有している。また、同時に正孔輸送層は電子を、電子輸送層は正孔を発光層に閉じこめる（キャリアブロック）機能を有し、発光効率を高める効果がある。

## 【0007】

フルカラーのフラットパネルディスプレイとしてすでに製品化されている液晶

ディスプレイは、カラーフィルター等を用いてフルカラー化を実現しているが、有機EL素子は、発光層を構成する材料を適切に選ぶことより赤、緑、青の3原色を自発光させることができ、液晶ディスプレイよりも高速応答、広視野角と優れた特長を有している。

#### 【0008】

このような赤、緑、青、各色の発光は単独の発光材料からなる発光層によっては、十分な輝度や、色純度を得ることが難しいために、一般的にはホスト材料に蛍光色素をドーピングした色素ドープ型有機EL素子が利用されている。これは、図1や図2の正孔輸送層や電子輸送層あるいは発光層を構成する材料をホストとして、その層の中にごく少量の蛍光色素をドープすることにより、その蛍光色素からのルミネセンスを発光色として取り出す手法である。この方法の特長としては、蛍光収率の高い色素が利用できるため効率の向上が期待できること、発光色の選択が大幅に向上することである。

#### 【0009】

一般に有機EL素子において用いられている発光は、発光中心の分子の一重項励起子から基底状態になるときの蛍光が取り出されている。一方、一重項励起子を経由した蛍光発光を利用するのではなく、三重項励起子を経由したりん光発光を利用する素子の検討がなされている。発表されている代表的な文献には、例えば非特許文献1、非特許文献2がある。

#### 【0010】

これらの文献では、有機層が4層の構成が主に用いられている。それは、陽極側からホール輸送層、発光層、励起子拡散防止層、電子輸送層からなる。用いられている材料は、(化1)に示すキャリア輸送材料とりん光発光性材料である。各材料の略称は以下の通りである。

Alq3: アルミ-キノリノール錯体

$\alpha$ -NPD: N4, N4'-D i-n a p h t h a l e n-1-y l-N4, N4'-d i p h e n y l-b i p h e n y l-4, 4'-d i a m i n e

CBP: 4, 4'-N, N'-d i c a r b a z o l e-b i p h e n y l

BCP: 2, 9-d i m e t h y l-4, 7-d i p h e n y l-1, 10-p



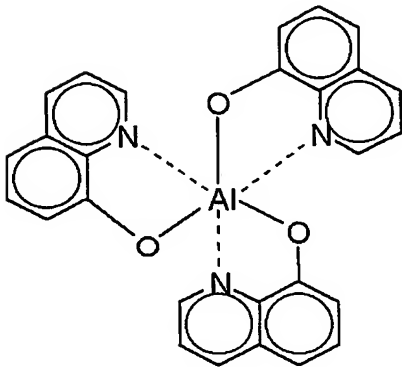
phenanthroline

PtOEP: 白金-オクタエチルポルフィリン錯体

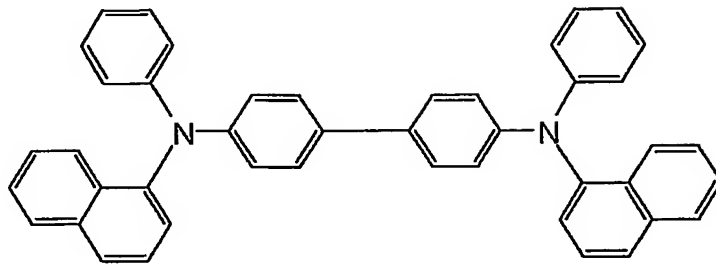
Ir(ppy)<sub>3</sub>: イリジウム-フェニルピリミジン錯体

【0011】

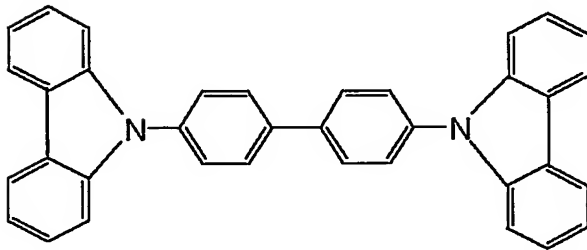
【化1】



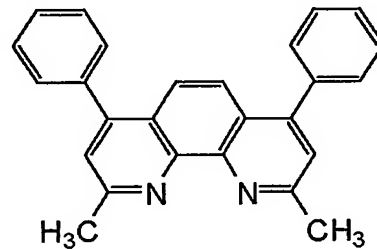
Alq3



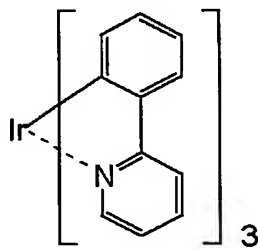
$\alpha$ -NPD



CBP



BCP



Ir(ppy)<sub>3</sub>

【0012】

上記非特許文献1、2とも、高効率を得られたのは、ホール輸送層に $\alpha$ -NPD、電子輸送層にAlq3、励起子拡散防止層にBCP、発光層にCBPをホスト材料として、6%程度の濃度で、りん光発光性材料であるPtOEPまたはI

r (p p y) <sub>3</sub>を混入して構成したものである。

【0013】

りん光性発光材料が特に注目されている理由は、原理的に高発光効率が期待できるからである。その理由は、キャリア再結合により生成される励起子は1重項励起子と3重項励起子からなり、その確率は1:3である。これまでの有機EL素子は、1重項励起子から基底状態に遷移する際の蛍光を発光として取り出していたが、原理的にその発光収率は生成された励起子数に対して、25%でありこれが原理的上限であった。しかし、3重項から発生する励起子からのりん光を用いれば、原理的に少なくとも3倍の収率が期待され、さらに、エネルギー的に高い1重項からの3重項への項間交差による転移を考え合わせれば、原理的には4倍の100%の発光収率が期待できる。

【0014】

他に、三重項からの発光を要した文献には、有機EL素子及びその製造方法（特許文献1）、発光材料およびこれを用いた有機EL素子（特許文献2）、有機エレクトロルミネッセント素子（特許文献3）等がある。

【0015】

また、上記の様なEL素子は、光干渉効果によって、素子を構成する各機能膜の膜厚によって、外部に取り出すことのできる光量が変化することが非特許文献3で報告されている。

【0016】

非特許文献3によると、発光波長に対して最適な電荷輸送層の膜厚が存在するために、2色以上の発光を有するELパネルでは、各色でEL素子を構成する各層の膜厚を最適化する必要がある。そして、これを最適化するために、電荷輸送層の膜厚を調整し、光の取り出し効率最適化する方法が特許文献4に開示されている。

【0017】

【特許文献1】

特開平11-329739号公報

【特許文献2】

特開平 11-256148 号公報

【特許文献 3】

特開平 8-319482 号公報

【特許文献 4】

特開 2000-323277 号公報

【非特許文献 1】

D. F. O' Brien ら, 「Improved energy transfer in electrophosphorescent device」, "Applied Physics Letters", (米国), 1999, Vol 74, No3, p. 422

【非特許文献 2】

M. A. Baldo ら, 「Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence」, "Applied Physics Letters", (米国), 1999, Vol 75, No1, p. 4

【非特許文献 3】

Yoshinori Fukuda ら, 「An Organic LED display exhibiting pure RGB colors」, "Synthetic Metals", 2000, 111-112, p. 1-6

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、安価で高効率の素子を実現するために、より工程の少ないプロセスで、光取り出し効率の高い素子を作成することが望まれていた。

【0019】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、二色以上の異なる発光色を有する複数の有機 EL 素子を備えた多色発光素子において、より簡易な構成で各色の発光の取り出し効率を最適化でき、安価で効率の高い多色発光素子を提供するこ

とを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための発明は、

第一電極と第二電極との間に発光層を含む有機化合物層を有する有機エレクトロルミネセンス素子を複数備え、

前記複数の有機エレクトロルミネセンス素子は、二色以上の異なる発光スペクトルを有するものを含み、

異なる発光スペクトルを有する有機エレクトロルミネセンス素子の発光層内での発光領域が、前記異なる発光スペクトルに対応して膜厚方向で異なる位置にあることを特徴とする多色発光素子である。

【0021】

また本発明は、

「前記有機化合物層は、少なくとも、第一電荷輸送層と第二電荷輸送層とで発光層を挟む積層構造をなしていること」、

「前記第一電極は光を反射する反射電極であり、

前記第二電極は透明電極であり、

前記第一電荷輸送層が、発光層の前記第一電極側に位置していること」、

「異なる二色の発光のうち、短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層内での発光領域の位置が、長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層内での発光領域の位置と比べて、第一電極側に近いこと」、

更には、

「異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であり、

前記第二電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であること」、  
又は、

「異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であり、

前記第二電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であること」、  
更には、

「発光層の膜厚が10～35nmの範囲にあること」、

「前記第一電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であること」、

「前記第二電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であること」、

をその好ましい態様として含むものである。

#### 【0022】

また一方で本発明は、

「前記第一電極は光を反射する反射電極であり、

前記第二電極は透明電極であり、

前記有機化合物層は、第一電荷輸送層を含み、該第一電荷輸送層は発光層の前記第一電極側に位置していること」、

「異なる二色の発光のうち、短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層内での発光領域の位置が、長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層内での発光領域の位置と比べて、第一電極側に近いこと」、

更には、

「異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長

側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、電子を優先的に輸送する電子輸送層であること」、又は、

「異なる二色の発光のうち、

短波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である短波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、

長波長側の発光をする有機エレクトロルミネセンス素子の発光層である長波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、

前記第一電荷輸送層は、正孔を優先的に輸送する正孔輸送層であること」、更には、

「発光層の膜厚が 10～35 nm の範囲にあること」、

「前記第一電荷輸送層の材料及び膜厚が、全ての有機エレクトロルミネセンス素子において共通であること」、

をその好ましい態様として含むものである。

#### 【0023】

そして本発明は、前記二色以上の異なる発光スペクトルが、赤色、緑色、青色を呈する発光スペクトルであることをその好ましい態様として含むものである。

#### 【0024】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図3を参照して本発明の多色発光素子の具体的な一実施形態について説明するが、本発明はこの形態に限定されるものではない。

#### 【0025】

図3に示す多色発光素子10では、透明基板（基材）15上に陽極となる透明電極（第二電極）14が形成され、その上に有機化合物層として、第二電荷輸送層13、発光層12（12R、12G、12B）、第一電荷輸送層16が形成され、陰極となる反射電極（第二電極）11が形成されている。図3においては、発光層12は、赤、緑、青の発光色に対応して12R、12G、12Bの様に塗

り分けられており、3色の異なる発光スペクトルを有する有機EL素子が3つ並んだ状態となっている。尚、本明細書中の多色発光素子の図面は、異なる発光スペクトルを有する3つ(2つ)の有機EL素子の部分のみを示しているが、多色発光素子が備える有機EL素子の数はこれらに限られるものではない。

#### 【0026】

第一電極と第二電極との間に発光層を含む有機化合物層を有する有機エレクトロルミネセンス素子を面上に複数備えるために用いる基材としては、基材側を光の取り出し側とする場合には透明であることが必要であり、透明基板を用いるのが好ましい。好適に使用される具体的な基板としては、各種のガラス基板や、poly-SiでTFT等の駆動回路を形成したガラス基板、シリコンウエハー上に駆動回路を設けたもの等が挙げられる。

#### 【0027】

第一電極と第二電極とは、一方が陽極、もう一方が陰極となる。これらの電極の材料は何れかが一方が透明で、もう一方が反射率の高い材料であることが望ましく、陽極には仕事関数の高い材料が好ましく、又、陰極としては仕事関数の小さい材料が好ましい。具体的には、陰極の金属材料としては、アルミニウムやアルミニウム・リチウムの合金、マグネシウム・銀の合金など仕事関数の小さな金属が好適に使用される。また、陽極にはインジウム錫酸化物(ITO)等の仕事関数の大きな透明導電性材料が好適に使用される。なお、陰極を透明な電極とする場合には、上記のような仕事関数が小さく陰極に好ましく使用可能な金属材料の層を、有機化合物層と接する側に1~10nm程度の膜厚で設けておき、さらにその外側にITO等の透明導電性材料の層を設けるといった方法がある。

#### 【0028】

有機化合物層を構成する第一電荷輸送層、発光層、第二電荷輸送層等の有機層は、蒸着法等により形成される。第一、第二電荷輸送層は、一方が正孔を優先的に輸送する(正孔輸送性の高い)材料で、他方が電子を優先的に輸送する(電子輸送性の高い)材料である。これらは、使用する第一電極、第二電極の極性に従って選択すればよい。

#### 【0029】

尚、発光層としては、単一の材料で所望の発光を得る材料、或いはホスト材料にゲスト材料をドーピングしたものが用いられ、その方法としてはホスト材料、ゲスト材料を同時に真空蒸着し、それぞれの蒸着レートを調整することで任意のドーピング濃度の発光層が得られる。このとき発光色に対応し、発光層の材料、或いは発光層を構成するホスト／ゲストの組み合わせを変え、それぞれの有機EL素子で任意の発光を得ることが出来る。

#### 【0030】

本発明においては、異なる発光スペクトル（図3に示す形態では3色の異なる発光スペクトル）を有する有機エレクトロルミネセンス素子の発光層内での発光領域が、前記異なる発光スペクトルに対応して膜厚方向で異なる位置にある。

#### 【0031】

これにより、多色発光素子10が備える異なる発光色（発光スペクトル）を有する複数の有機EL素子間において、発光層以外の構成要素、即ち、有機化合物層に含まれる発光層以外の有機層（図3における第一電荷輸送層や第二電荷輸送層）や電極の、材料、膜厚等を共通にしながらも、各色の有機EL素子の光取り出し効率を最適化することが可能となる。

#### 【0032】

次にこのような本発明の作用を、図4～図6を用いて詳しく説明する。

#### 【0033】

一般に有機EL素子では、発光層内の局所的なエリアで発光していることが知られている。例えば、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層が挟まれている構成で、図4（a）の様に発光層に電子輸送能が高い材料を用いた場合には、発光層に注入された電子は、発光層内を電界によって正孔輸送層界面付近まで移動するのに対して、移動度の低い正孔は、発光層に注入された後、長距離を移動できずに電子と再結合するため、発光領域は正孔輸送層近傍となる。また、図4（b）の様に発光層に正孔輸送能の高い材料を用いた場合には、正孔が電子輸送層界面まで到達し、電子輸送層界面で局所的に発光すると考えられる。

#### 【0034】

一般に、有機EL素子を構成する各層の膜厚は、数十nmから200nm程度



なので、このように局所的に発光する場合には、光の外部への取り出し効率は、光干渉効果により、膜厚の影響を強く受ける。

【0035】

さてここで、図5を参照して、有機EL素子内から直接外部に出てゆく光①と、反射電極で反射して、外部に取り出される光②の干渉を考える。反射電極11と発光領域17との間の層の膜厚をd、屈折率をn、発光波長をλとすると、その位相差は次式で与えられる

【0036】

【数1】

$$\phi = 2\pi \frac{(nd) \times 2}{\lambda} + \pi \quad (a)$$

【0037】

①+②が最大値を与えるためには、 $\cos \phi$ が最大値となればよいので、その条件は、

【0038】

【数2】

$$nd = \frac{\lambda}{4} (1 + 2i) \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (b)$$

となる。

【0039】

さて、実際の有機EL素子では複数の有機層が積層されており、多くの場合有機層／有機層界面で発光することが報告されている。発光ピーク波長がλ<sub>a</sub>で、図6(a)の様に発光層12内での発光領域17が反射電極11に近い場合には最適条件は、

【0040】

【数3】

$$n_1 d_{a1} = \frac{\lambda_a}{4} (1 + 2i) \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (c)$$

となる。ここでn<sub>1</sub>及びd<sub>a1</sub>は、図6(a)中の第一電荷輸送層16の屈折率

及び膜厚である。また、発光ピーク波長が $\lambda_b$ で、図6 (b) の様に発光領域17が透明電極14に近い場合には

【0041】

【数4】

$$n_{b1}d_{b1} + n_{b3}d_{b3} = \frac{\lambda_b}{4} (1 + 2i) \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (d)$$

となる。

【0042】

ここで、 $\lambda_b > \lambda_a$  の場合に、それぞれの発光に対する取り出し効率の最適化を考えると、式(c)、式(d)より、

【0043】

【数5】

$$n_{b3}d_{b3} = \frac{(\lambda_b - \lambda_a)}{4} (1 + 2i) \quad (e)$$

となるように $n_{b3}$ 、 $d_{b3}$ を選ぶことにより、 $d_{a1} = d_{b1}$ とすること、即ち第一電荷輸送層の共通化することができ、且つ、それぞれの波長に対して光取り出し効率を最適化できる。

【0044】

なお、実際の多色発光素子の場合には、光学的な取り出し効率以外にも、駆動電圧、有機膜の膜性等も考慮する必要があるので、必ずしも上記のような計算上の最適値と実際の素子の膜厚を一致させる必要は無い。

【0045】

例えば、図6 (a)、図6 (b) に示すような2種類の有機EL素子(屈折率： $n_1 = n_2 = n_3 = 1.8$ 、発光ピーク波長： $\lambda_a = 520 \text{ nm}$ 、 $\lambda_b = 620 \text{ nm}$ )を備える多色発光素子を考えると、 $d_1 = 72 \text{ nm}$ 、 $d_3 = 14 \text{ nm}$ とすることで、 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の発光に対して取り出し効率の最適化が出来る。

【0046】

発光層内での発光領域の位置を、異なる発光スペクトルに対応して膜厚方向で異なる位置とするためには、まず上記の説明中にもあるように、発光層の電荷輸

送性を利用する方法がある。即ち、異なる二色の発光のうち、短波長側の発光をする有機EL素子の発光層である短波長側発光層と、長波長側の発光をする有機EL素子の発光層である長波長側発光層とにおいて、正孔や電子の輸送性が異なるように材料を選択する方法である。

#### 【0047】

通常、有機層の膜厚は、上記のように数十nmから200nm程度で可視光の波長よりも薄いため、上記のような光取り出し効率の最適化を行うために、異なる二色の発光のうち、短波長側発光層内での発光領域の位置が、長波長側発光層内での発光領域の位置と比べて、第一電極（反射電極）側に近いことが好ましい。

#### 【0048】

従って、第一電極（反射電極）が陰極である場合には、短波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有し、長波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有することが好ましく、第一電極（反射電極）が陽極である場合には、その逆に短波長側発光層は、電子を優先的に輸送する特性を有し、長波長側発光層は、正孔を優先的に輸送する特性を有することが好ましい。

#### 【0049】

発光層内での発光位置を膜厚方向で変化させる別な方法としては、発光層内において発光ゲスト材料をドーピングする領域を任意の場所のみとする方法もある。

#### 【0050】

又、可視波長領域において、膜厚の最適化を考えると、想定される波長は650nmから450nm程度、且つ屈折率は、1.5から2.0程度であるため、発光層の膜厚は10～35nmの範囲にあることが好ましい。

#### 【0051】

さらに、以上の様に作成した素子は、酸素や水分から保護する目的で、金属やガラスのカバーで覆い外気と遮断することが好ましい（不図示）。

#### 【0052】

（実施例1）

図3に示すものと同様な、図7の構成の多色発光素子を作成した。本例においては、発光層12としては緑と赤との2色の発光スペクトルを有するもののみを形成した。

### 【0053】

ガラス基板（コーニング社：1737）（透明基板15）上に100nmのITOを形成した基板を用い、フォトリソグラフィー法によりパターンニングして、陽極（透明電極14）を形成し、ITO基板を形成した。

### 【0054】

そのITO基板上に、以下の有機化合物層と電極層（反射電極11）を $10^{-4}$ Paの真空チャンバー内で抵抗加熱による真空蒸着により連続成膜し、素子Aを得た。

### 【0055】

使用した材料、及びその膜厚は以下の表1の通りである。尚、本例においては、正孔輸送層が第二電荷輸送層13、電子輸送層が第一電荷輸送層16に対応する。

### 【0056】

【表1】

各機能層		材料名	膜厚
正孔輸送層		FL03	40nm
発光層(赤)	ホスト	Alq <sub>3</sub>	20nm
	ゲスト	Ir(piq) <sub>3</sub> 9%	
発光層(緑)	ホスト	CBP	20nm
	ゲスト	Ir(ppy) <sub>3</sub> 9%	
電子輸送層		Bathophenanthroline	70nm
電子注入層		AlLi	10nm
陰極		Al	150nm

### 【0057】

なお、素子Aで用いている発光層は、ホスト材料にゲスト材料をドープしたものである。

### 【0058】

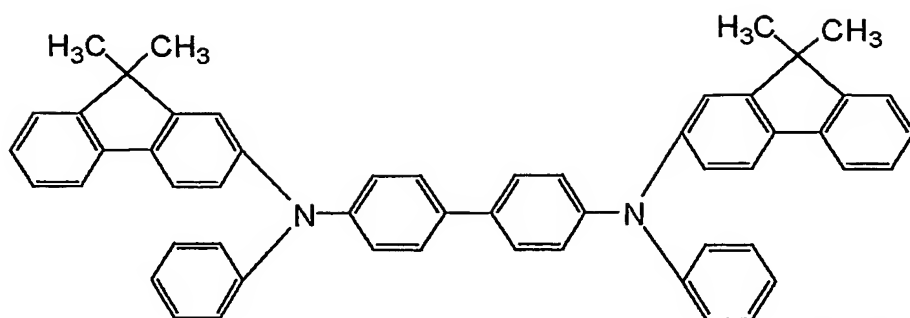
上記に示した材料を、夫々の色に対応する発光層を形成する部分に開口を有するマスクを順に使用し、共蒸着により形成した。ドーブ濃度は、共蒸着時のそれぞれの材料の堆積スピードを制御することにより所定の濃度に調整した。尚、Alq<sub>3</sub>は電子輸送性、CBPは正孔輸送性が高いことが知られている。

【0059】

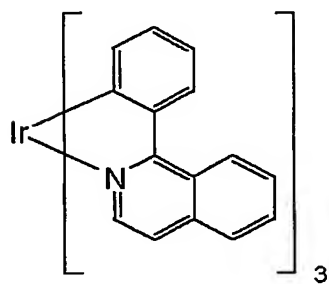
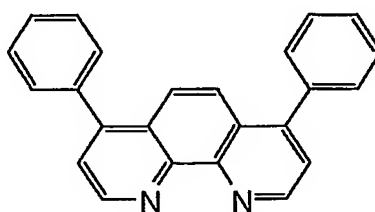
尚、本例を含む全ての実施例において、従来の技術の記載にて示した(化1)の材料以外に多色発光素子作成時に使用した材料の化学式は、以下の(化2)の通りである。

【0060】

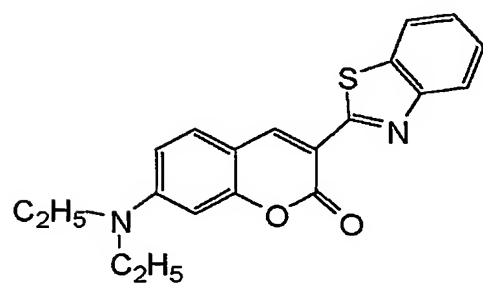
【化2】



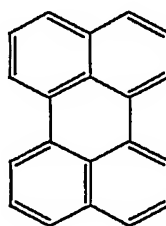
FL03

Ir(piq)<sub>3</sub>

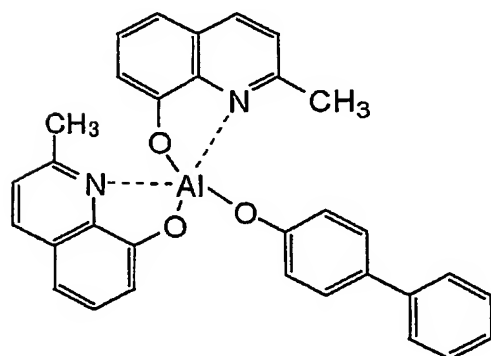
Bathophenanthroline



comarin6



Perylene



BAlq

【0061】

また、上記の構成を有する赤色の発光色を有する有機EL素子、緑色の発光色を有する有機EL素子のそれぞれについて、発光効率の電子輸送層膜厚依存を測定した結果を図10に示す。

#### 【0062】

図10によると上記本例の構成においては、緑の有機EL素子、赤の有機EL素子の双方で電子輸送層の膜厚が70nm付近で、もっとも発光効率が高いことがわかる。

#### 【0063】

##### (実施例2)

本例においては、図8に示すように、発光層12として緑と赤との2色の発光スペクトルを有するものを形成し、かつ透明基板15の側に反射電極11を形成した多色発光素子を作成した。

#### 【0064】

ガラス基板（コーニング社：1737）（透明基板15）上にCrを100nmの膜厚でスパッタ法で成膜し、リフトオフ法によりパターニングすることで光を反射する陽極（反射電極11）を形成し、Cr基板を形成した。

#### 【0065】

このCr基板上に、以下の有機化合物層と電極層（透明電極14）を $10^{-4}$ Paの真空チャンバー内で抵抗加熱による真空蒸着により連続成膜し、素子Bを得た。

#### 【0066】

使用した材料、及びその膜厚は以下の表2の通りである。尚、本例においては、正孔輸送層が第一電荷輸送層16、電子輸送層が第二電荷輸送層13に対応する。

#### 【0067】

【表 2】

各機能層		材料名	膜厚
正孔輸送層		FL03	70nm
発光層(赤)	ホスト	CBP	20nm
	ゲスト	Ir(piq) <sub>3</sub> 9%	
発光層(緑)	ホスト	Alq <sub>3</sub>	20nm
	ゲスト	Comarin6 1%	
電子輸送層		Bathophenanthroline	50nm
電子注入層		ALLi	1nm
陰極		ITO	150nm

## 【0068】

本例の素子Bで用いている発光層も、ホスト材料にゲスト材料をドーピングしたものである。また、本例の素子Bでは、陰極としてITOを使うことで、膜を形成した側から光を取りだせるようになっている。

## 【0069】

また、上記の構成を有する赤色の発光色を有する有機EL素子、緑色の発光色を有する有機EL素子のそれぞれについて、発光効率の正孔輸送層膜厚依存を測定した結果を図11に示す。

## 【0070】

図11によると本例の構成においては、緑の有機EL素子、赤の有機EL素子の双方で正孔輸送層の膜厚が70nm付近で、もっとも発光効率が高いことがわかる。

## 【0071】

## (実施例3)

本例においては、図9に示すように、発光層12として赤、青、緑の3色の発光スペクトルを有するものを形成し、かつ透明基板15の側に反射電極11を形成した多色発光素子を作成した。

## 【0072】

ガラス基板(コーニング社:1737)(透明基板15)上にCrを100nmの膜厚でスパッタ法により成膜し、リフトオフ法によりパターニングすること



で光を反射する陽極（反射電極 11）を形成し、Cr 基板を形成した。

### 【0073】

このCr 基板上に、以下の有機化合物層及び電極層（透明電極 14）を実施例 2 と同様に作成し、素子Cを得た。

### 【0074】

使用した材料、及びその膜厚は以下の表3の通りであり、青色の発光層を設けた以外は実施例 2 と同じである。尚、本例においては、正孔輸送層が第一電荷輸送層 16、電子輸送層が第二電荷輸送層 13 に対応する。

### 【0075】

【表3】

各機能層		材料名	膜厚
正孔輸送層		FL03	70nm
発光層(赤)	ホスト	CBP	20nm
	ゲスト	Ir(piq) <sub>3</sub> 9%	
発光層(緑)	ホスト	Alq <sub>3</sub>	20nm
	ゲスト	Comarin6 1%	
発光層(青)	ホスト	BAIq	20nm
	ゲスト	Perylene	
電子輸送層		Bathophenanthroline	50nm
電子注入層		AlLi	1nm
陰極		ITO	150nm

### 【0076】

なお、BAIq は電子輸送性が高いことが知られている。

### 【0077】

上記の構成を有する青色の発光色を有する有機EL素子の発光効率の正孔輸送層膜厚依存を測定した結果を図12に示す。

### 【0078】

図12より青の有機EL素子は、正孔輸送層の膜厚が50nm付近でもっとも発光効率が高いが、70nm付近においても高い発光効率を示していることがわかる。

## 【0079】

以上のようにして作成した素子Cを、以下の条件でそれぞれ駆動したところ、輝度が約  $300 \text{ cd/m}^2$  で発光し、良好な特性を示した。

R :  $3 \text{ mA/cm}^2$

G :  $6 \text{ mA/cm}^2$

B :  $3 \text{ mA/cm}^2$

## 【0080】

## 【発明の効果】

以上示したように、本発明によると、二色以上の発光色を有する複数の有機EL素子を備えた多色発光素子において、各色の電荷輸送層の膜厚を共通にしても、各色の発光の取り出し効率を最適化でき、安価で効率の高い有機EL素子を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

一般的な有機EL素子の構成を示す概略断面図である。

## 【図2】

別の一般的な有機EL素子の構成を示す概略断面図である。

## 【図3】

本発明の多色発光素子の一実施形態の構成を示す概略断面図である。

## 【図4】

発光層の電荷輸送特性と発光領域の関係を説明する模式図である。(a)は発光層に電子輸送能の高い材料を用いた場合の図である。(b)は発光層に正孔輸送能の高い材料を用いた場合の図である。

## 【図5】

有機EL素子内の光学干渉の説明図である。

## 【図6】

有機EL素子内の光学干渉の別の説明図である。(a)は発光領域が第一電荷輸送層界面にある場合の図である。(b)は発光領域が第二電荷輸送層界面にある場合の図である。

## 【図 7】

本発明の実施例 1 の多色発光素子の断面概略図である。

## 【図 8】

本発明の実施例 2 の多色発光素子の断面概略図である。

## 【図 9】

本発明の実施例 3 の多色発光素子の断面概略図である。

## 【図 1 0】

素子 A の輝度の膜厚依存を表すグラフである。(a) は素子 A が備える緑色の発光色を有する有機 E L 素子に関する図である。(b) は素子 A が備える赤色の発光色を有する有機 E L 素子に関する図である。

## 【図 1 1】

素子 B の輝度の膜厚依存を表すグラフである。(a) は素子 B が備える緑色の発光色を有する有機 E L 素子に関する図である。(b) は素子 B が備える赤色の発光色を有する有機 E L 素子に関する図である。

## 【図 1 2】

素子 C の輝度の膜厚依存を表すグラフである。

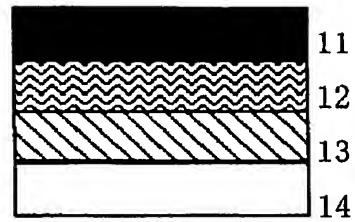
## 【符号の説明】

- 1 0 多色発光素子
- 1 1 反射電極 (第一電極)
- 1 2 発光層
- 1 2 R 発光層 (赤)
- 1 2 G 発光層 (緑)
- 1 2 B 発光層 (青)
- 1 3 第二電荷輸送層
- 1 4 透明電極 (第二電極)
- 1 5 透明基板 (基材)
- 1 6 第一電荷輸送層
- 1 7 発光領域

【書類名】

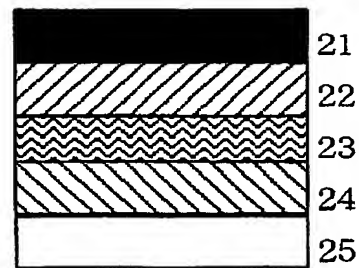
図面

【図 1】



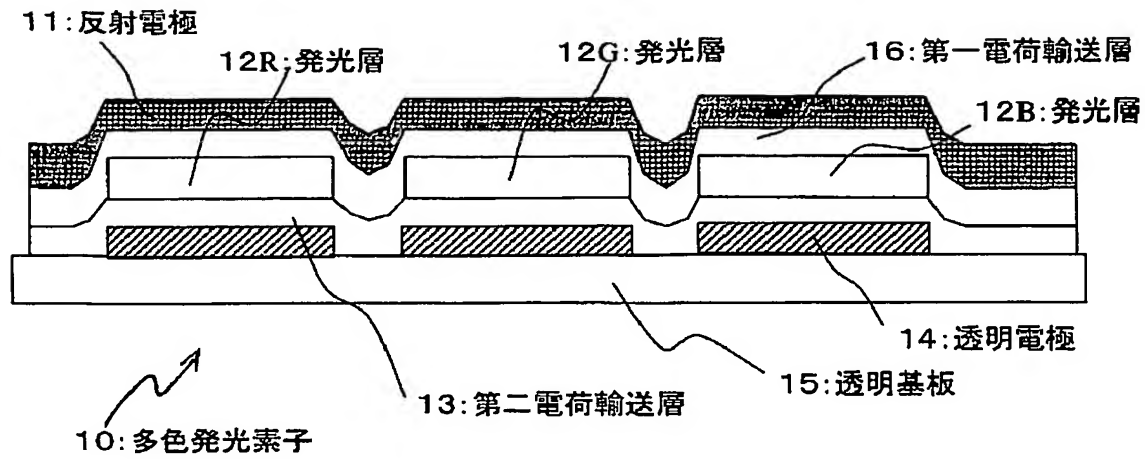
- 11 陰極
- 12 発光層
- 13 正孔輸送層
- 14 陽極

【図 2】

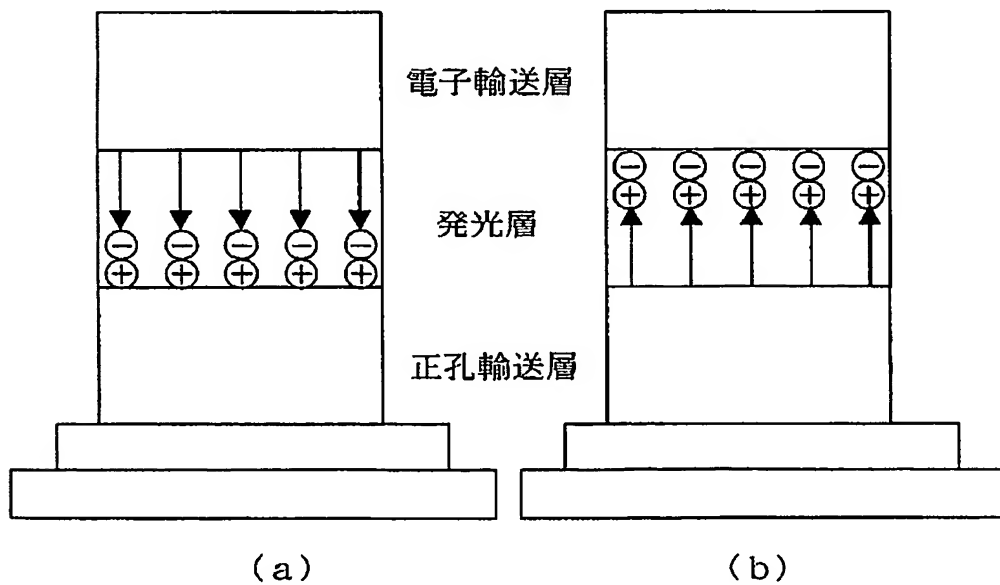


- 21 陰極
- 22 電子輸送層
- 23 発光層
- 24 正孔輸送層
- 25 陽極

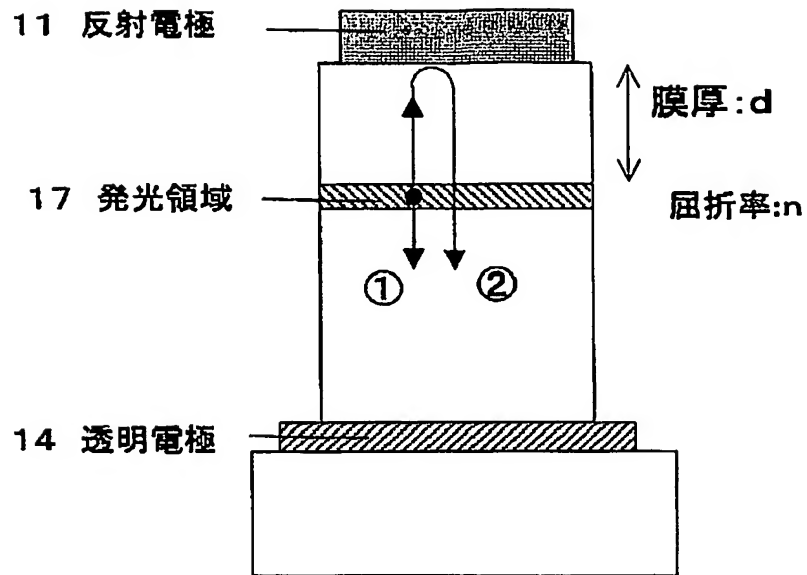
【図 3】



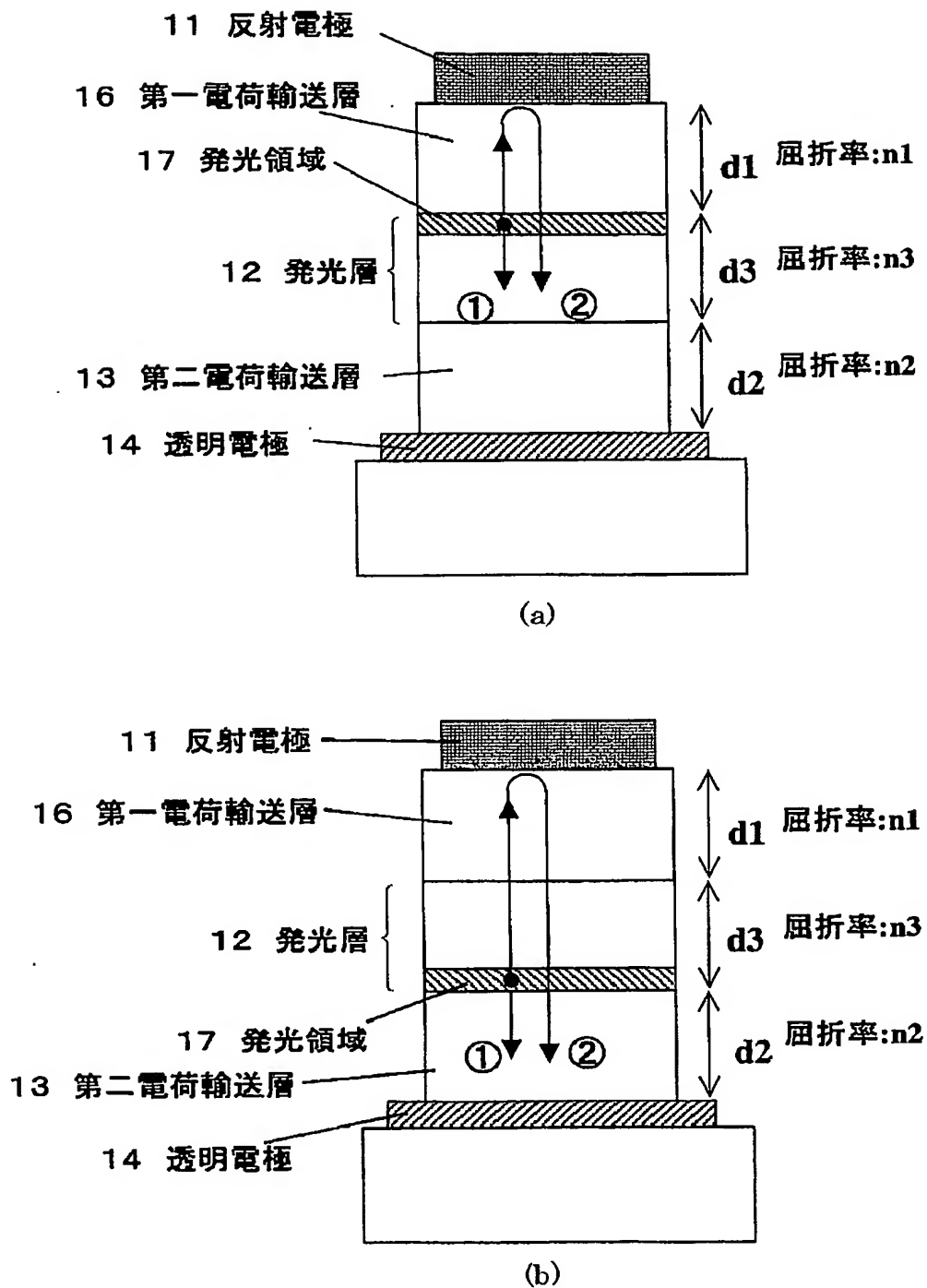
【図 4】



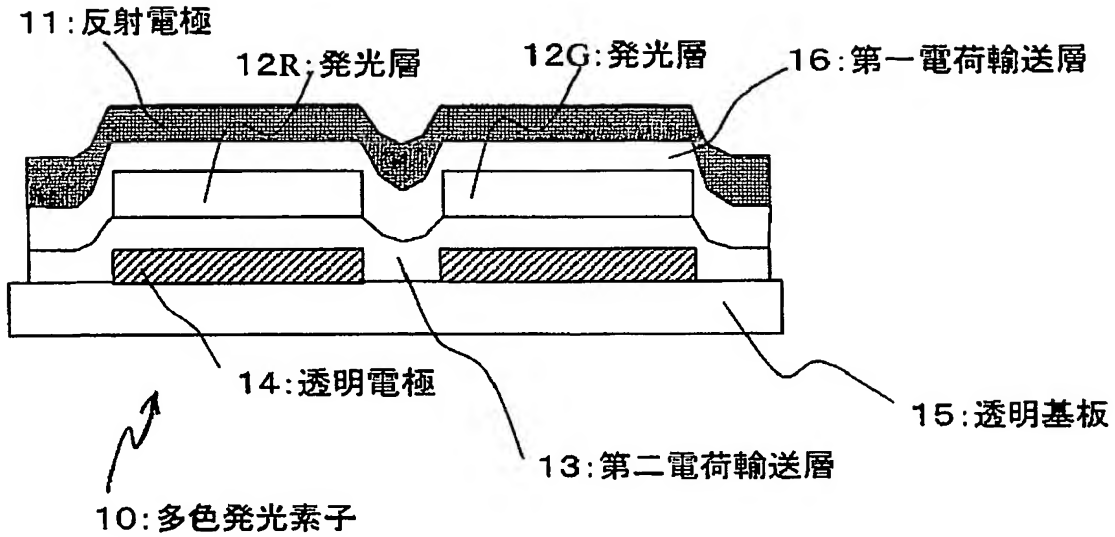
【図 5】



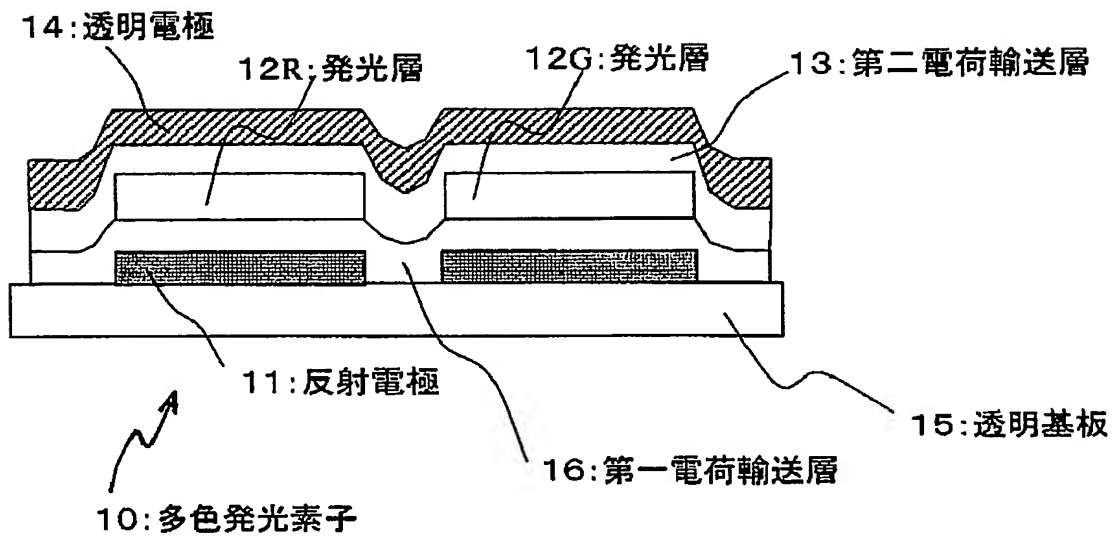
【図 6】



【図 7】

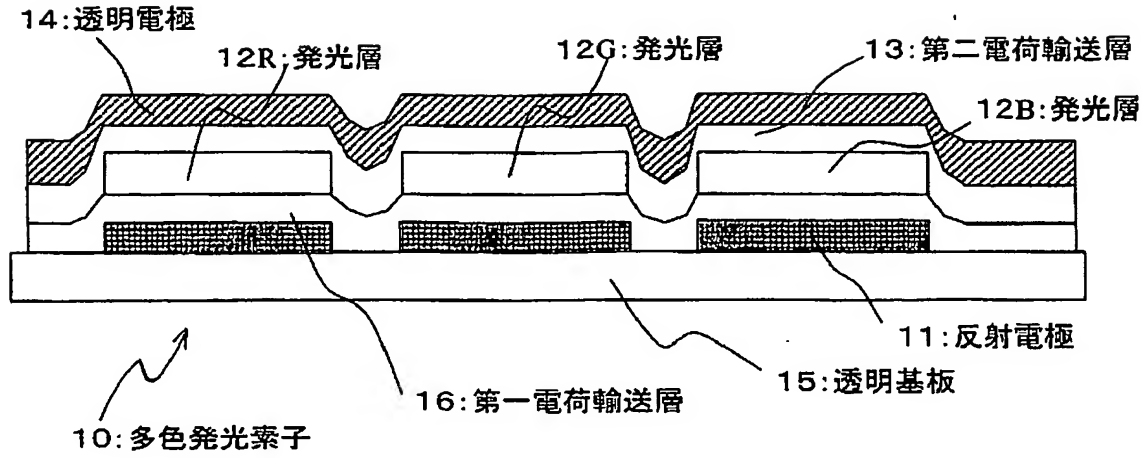


【図 8】

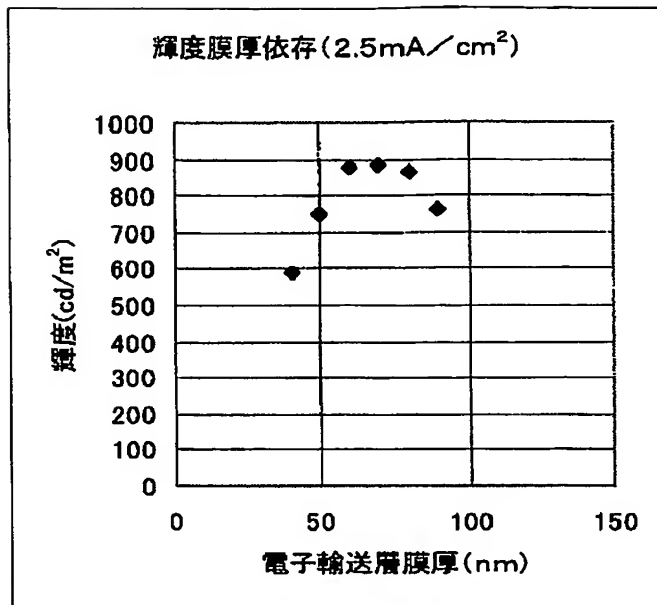




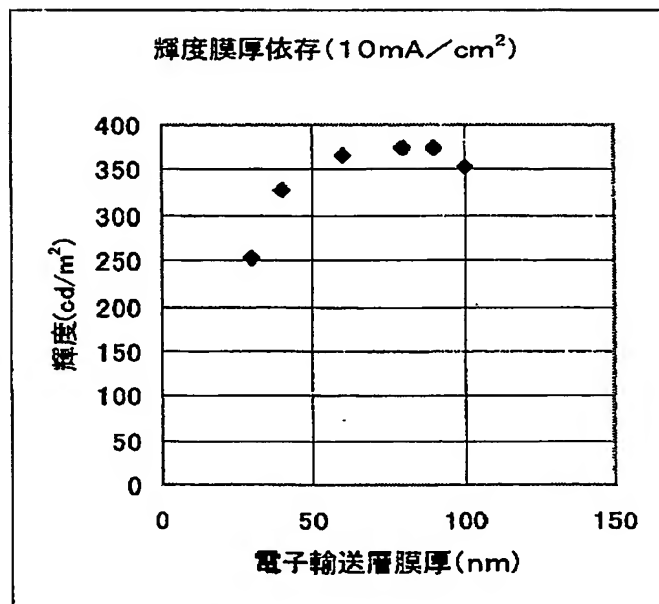
【図 9】



【図 10】

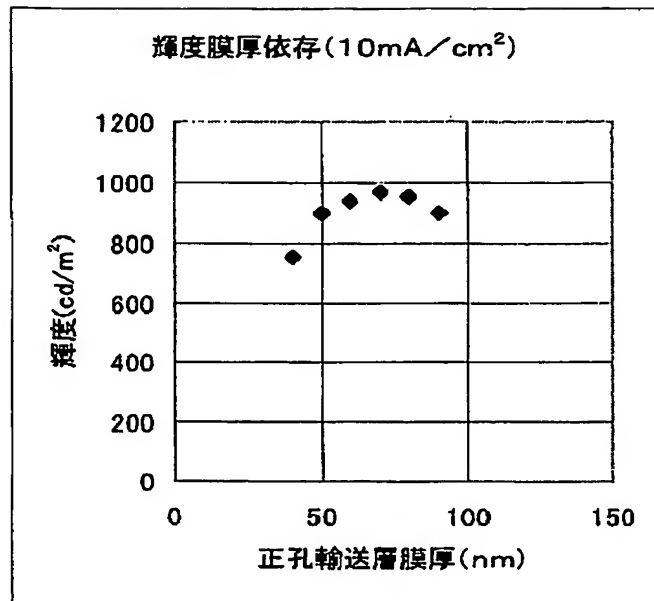


(a) 素子 A 緑

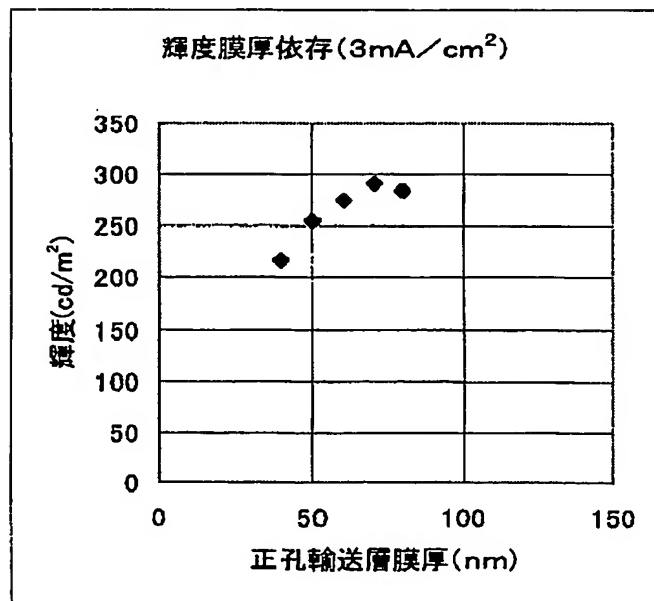


(b) 素子 A 赤

【図 11】

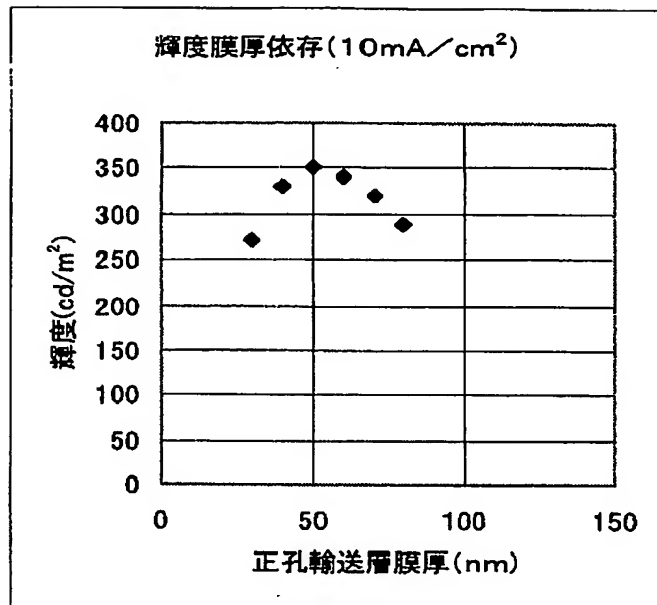


(a) 素子 B 緑



(b) 素子 B 赤

【図 12】



素子C青

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 二色以上の異なる発光色を有する複数の有機EL素子を備えた多色発光素子において、より簡易な構成で各色の発光の取り出し効率を最適化でき、安価で効率の高い多色発光素子を提供すること。

【解決手段】 反射電極（11）と透明電極（14）との間に発光層（12）を含む有機化合物層を有する有機EL素子を複数備え、前記複数の有機EL素子は、二色以上の異なる発光スペクトルを有するものを含み、異なる発光スペクトルを有する有機EL素子の発光層内での発光領域が、前記異なる発光スペクトルに対応して膜厚方向で異なる位置にあることを特徴とする多色発光素子により、第一電荷輸送層（16）、第二電荷輸送層（13）及び電極等の、材料、膜厚等を共通にしながらも、各色の有機EL素子の光取り出し効率を最適化することが可能となる

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 2 9 4 6 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名

キヤノン株式会社